

事例解説 2

電磁成形による アルミ・アルミ合金の加工事例

(株)IHI 物流産業システム Bmax
山崎貴史*、Mehrdad Kashani**

アルミ・アルミ合金は軽量でリサイクル性の高い素材であり、その特性を生かし航空機、飲料缶、自動車部品などさまざまな分野での使用が増大してきた。自動車業界においては、段階的に強化されていく燃費規制への対応が急務の課題であり、効果の大きい車体軽量化が世界中で進められている。日本においてもボディ、シャーシ部品へのアルミ合金適用が今後増大していくことが見込まれる。

本稿で紹介する電磁成形は、材料に高エネルギーを与え、高速度下で成形する加工法であり、“成形限界を向上させる”、“スプリングバックを極小にする”というこれまでの成形法には見られない

*(やまざき たかし)：事業開発部 副部長
〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-1-1 豊洲 IHI ビル
TEL: 03-6204-8171 FAX: 03-6220-9683
**(メハダッド カシャニ)：テクノロジーディレクター
(理学博士)
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 5-11-1 オランダヒルズ
森タワー RoP#605
TEL: 03-5733-3323 FAX: 03-5733-3324

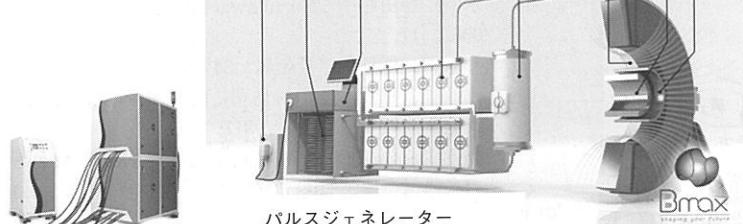


図1 パルスジェネレーターの概要

特性を有する。このため、成形割れしやすくスプリングバックが大きいなど、プレス成形の難しいアルミ合金の成形に適している。自動車のボディー成形を例にとれば、複雑で絞りの深い成形、ひずみ除去による形状寸法の安定化、デザイン性を実現するシャープなコーナー R の生成などを可能にする。

IHI-Bmax コラボレーション

(株)IHI および(株)IHI 物流産業システム（以下 ILM）は Bmax 社（フランス、ツールーズ）と協業契約を締結、2015 年 5 月から日本国内およびアジア地区における電磁成形・接合装置のマーケット調査及び装置販売活動を行っている。

Bmax 社はパルスパワー技術およびそのアプリケーションである電磁成形・接合技術において世界的なリーディングカンパニーである。欧州の自動車メーカー、航空機メーカー他に Bmax 社独自のシミュレーションを駆使し、成形・接合ソリューションを提供している。

IHI および ILM は Bmax 社と協力し、日系のユーザー向けに電磁成形・接合技術を生産設備として適用するためのエンジニアリングサービスから装置／システムの販売、アフターサービスまでのトータルソリューションを提供している。

電磁成形について

電磁力により材料を高加速し衝突させて各種加工を行う技術であり、その原理自体は 1960 年代から知られている。コイルに瞬間的（数十～数百 μs）に大電流を流して大きな磁束を発生させると、対向して設置された材料には磁束の進入を妨げる方向に誘導電流が誘起される（図 1）。この誘導電流とコイルが発生させる磁束の作用により大きな電磁力が発生し、材料が高加速される。このとき、材料を金型に衝突させると電磁成形（Magnetic Pulse Forming: MPF）を、別の材料に衝突させれば電磁接合（MPW: Magnetic Pulse Welding）を行うことができる（図 2）。また、瞬間的に大電流を発生させるパルスパワー技術を応用し、水槽内で放電させることで衝撃波を発生させ、その圧力により成形する放電液圧成形（Electro-Hydraulic Forming: EHF）を行うこともできる。

材料が金型に高速で衝突する瞬間、材料は一瞬流体のような振舞いをする。この現象が従来のプレス加工による成形とは異なる優れた成形性を実現している。

電磁成形の利点

MPF または EHF による成形では、上述の現象により従来のプレス成形に比して以下の優れた特徴を持つ。

- 成形性の向上：難成形形状も成形可能、絞り深さ向上する
- 微細形状の転写：数百 μm のデザイン性のある模様、微細な溝も転写可能
- スプリングバック極小：成形後のひずみが小さく、セパレータのような溝があり平面度を要求される成形に適する。また成形後のひずみ除去も可能
- 必要な金型は片側のみ：金型コスト削減
- 通常のプレス成形との組合せで使用可能：部分的な成形およびひずみ矯正をオンラインで実施、プレスラインのサイクルタイムに追従可能

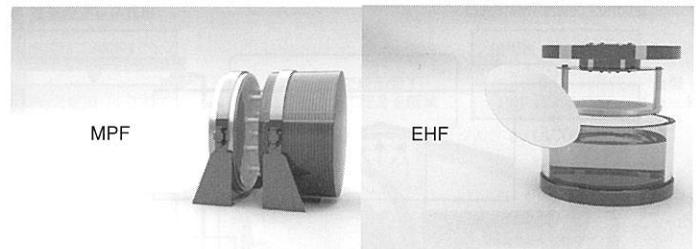


図2 電磁成形 (MPF) と放電液圧成形 (EHF) の成形イメージ

電磁成形適用事例

Bmax では、顧客のアプリケーションに MPF および EHF を適用する際、連成シミュレーションによりパルスパワー条件、材質強度検討、プロセス検討を実施し、実際の成形テストの前に精度の良い成形条件を求めることが可能である。以下の事例においても、次のステップで開発を実施している。

○成形実現性の確認

- ①シミュレーションによる検証
- ②実テストによる検証

○量産性の検証

治具、コイル、マテハン自動化等量産検証

1. 自動車ボディ部分成形への適用

実生産ラインへの MPF による成形性向上の適用事例として、自動車の HOOD パネル極小コーナー R 成形を紹介する（図 3）。

最新のエクステリアデザインにおいてはシャープなラインを実現することが求められ、実際の成形においてはコーナー R を極小にすることが求められた。しかし、従来の生産技術では成形限界により意図する形状の生成が困難であり、この問題を解決するテクノロジーとして MPF が採用された。

具体的には、MPF が HOOD のキャラクターラインの部分成形に適用された。第 1 工程において HOOD 形状に成形（絞り）、第 2 工程においてトリミング、その後の第 3 工程において MPF によるキャラクターライン部分成形を実施し、プレスラインのオンラインに MPF を組込み連続的に成形することを可能にした。MPF を適用しキャラクターライン稜線部はコーナー R が 0.1 mm

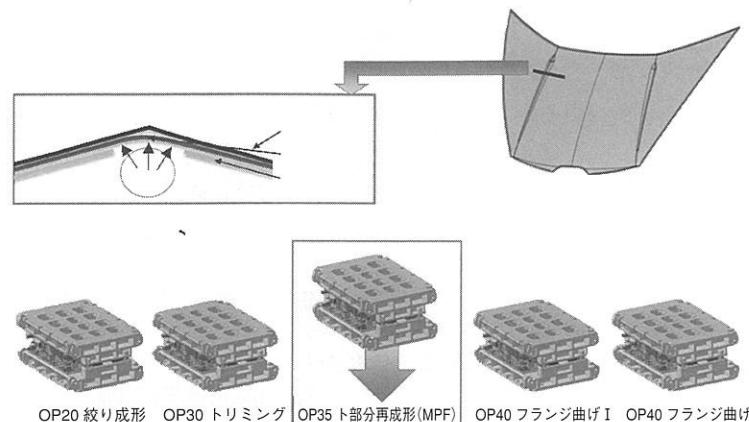


図3 HOODパネル極小コーナーR成形と工程図。MPFをインライン化し、連続成形を可能にした¹⁾

と極小に成形でき、シャープなラインを実現、そのデザイン性に寄与している（図4）。

2. 工程削減・代替

工程削減の例として、エアバスヘリコプター社のヘリコプター部品の EHF 成形を紹介する（図5）。

この部品は従来 6000 系アルミ合金（熱処理 T0）の成形 2 工程を経て、T0 を T4 まで熱処理、その後熱処理時のひずみ矯正を行い、最終手仕上げに至る全 5 工程で完成していた。EHF を使用した成形では T4 の状態で成形を完了し、あらかじめ熱処理を施した材料を投入できるだけではなく、従来の 5 工程分を 1 工程に削減した。

3. ひずみ矯正への適用

ひずみ矯正への適用例として、カバーの成形後

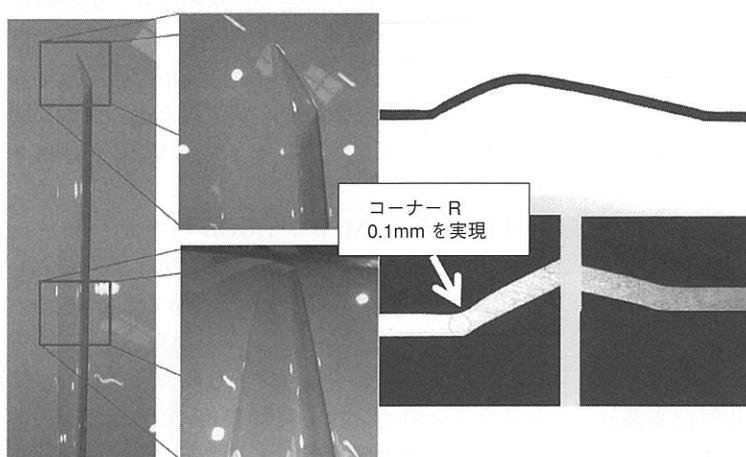


図4 シャープなラインを実現した MPF によるコーナーRの極小成形¹⁾

☆ ☆

本稿で紹介したのは電磁成形（MPF、EHF）であるが、成形だけではなく、その高速度加工から得られる特性を生かした電磁接合（MPW：Magnetic Pulse Welding）、電磁カシメ（MPC：Magnetic Pulse Crimping）への適応も可能である。MPW は熱影響の少ない原子レベルの接合となり異材接合も可能であるほか、MPC はかしめ後のひずみを極小できることから、電線と端子のかしめでは機械かしめと比較して、密で緩みにくいカシメを実現できる。

電磁成形、接合、かしめは共通のパルスジェネレータを使用し、コイル形状を変更することにより対応可能であり、シンプルでフレキシブルなシステムと言え、さまざまな産業分野への適用可能性を秘めている。

今後も自動車分野のみならず、あらゆる産業分野への周知活動を継続するとともに、実生産への適用を進める活動を展開していく。

出典

- Doors and Closures in Car Body Engineering 2014, 5th International Benchmarking Conference, 19 November 2014 Bad Nauheim Development of an electro-magnetic tool for post-forming of an aluminum hood Christian Held, AUDI AG, DE; Rani Plaut, Bmax, FR

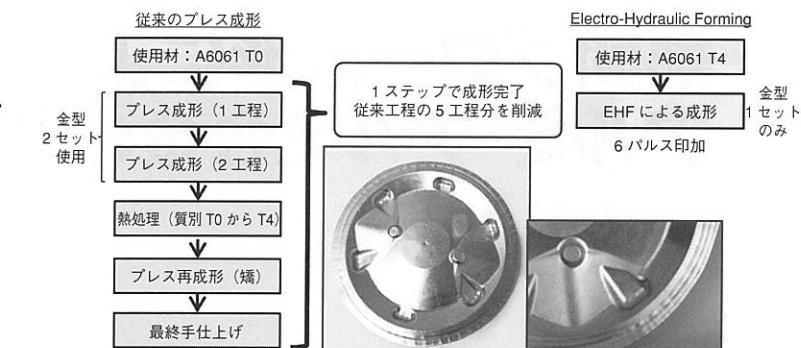


図5 EHFを使ったヘリコプター部品の工程削減例。5工程を1工程に削減した

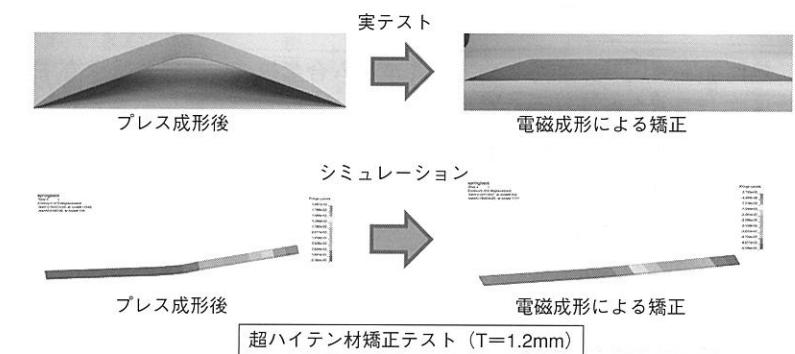


図6 MPFによるひずみ矯正例。内部ひずみを除去し、成形精度を向上

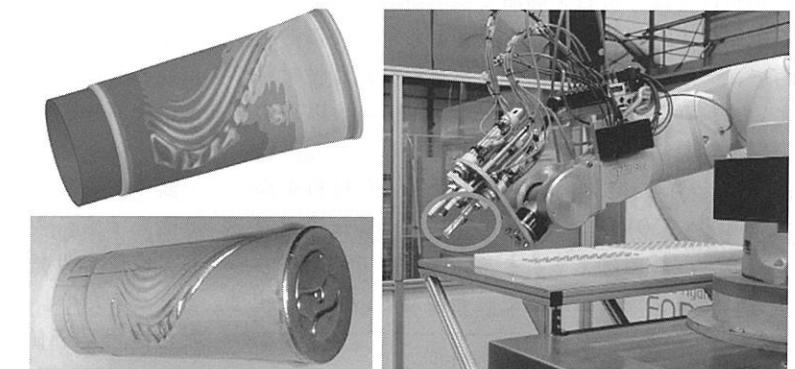


写真1 EHFを活用したデザイン転写。工程は自動化されている